



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2012

Einfluss von Mobiltelefon-Basisstationen auf die Aktivität der GSH, SOD und Katalase im Augenkammerwasser von Kälbern

Hässig, Michael ; Jud, F ; Naegeli, Hanspeter ; Kupper, Jacqueline ; Spiess, Bernhard M

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-69134>

Journal Article

Published Version

Originally published at:

Hässig, Michael; Jud, F; Naegeli, Hanspeter; Kupper, Jacqueline; Spiess, Bernhard M (2012). Einfluss von Mobiltelefon-Basisstationen auf die Aktivität der GSH, SOD und Katalase im Augenkammerwasser von Kälbern. *Klauentierpraxis*, 20(4):133-137.

Einfluss von Mobiltelefon-Basisstationen auf die Aktivität der GSH, SOD und Katalase im Augenkammerwasser von Kälbern

Der Zweck dieser Studie war die Bestimmung von Assoziationen zwischen Mobiltelefon-Basisstationen (MTBS) und den Aktivitäten antioxidativer Enzyme wie GSH (Glutathion-Peroxidase), SOD (Superoxid-Dismutase) und Katalase in Kammerwasser von Kälbern als Indikatoren für oxidativen Stress.

Es wurde eine Querschnittsstudie an 253 Mastkälbern durchgeführt, um den Redox-Status durch die Messung der Aktivität der GSH, SOD und Katalase im Augenkammerwasser von Mastkälbern zu bewerten. Nachfolgeuntersuchungen wurden durchgeführt, um den geografischen Standort jedes einzelnen Kalbes und seiner jeweiligen nächsten MTBS bezüglich Feldstärke und Distanz, und alle MTBS in einem Umkreis von 10 km bezüglich der gesamten Feldstärke zu beurteilen.

Das allgemeine lineare Modell war signifikant für die Feldstärke der nächstgelegenen MTBS ($p = 0.042$) und für alle MTBS im Umkreis von 10 km ($p = 0.042$) betreffend $\ln(\text{Catalase})$. Es gab eine Tendenz zwischen $\ln(\text{GSH})$ und der Entfernung zu den nächstgelegenen MTBS ($p = 0.072$), der Feldstärke der nächstgelegenen MTBS ($p = 0.120$) und der Feldstärke aller MTBS im Umkreis von 10 km. Die SOD-Aktivität zeigte keinen Zusammenhang für den Abstand der nächstgelegenen MTBS, aber für die Feldstärke der nächstgelegenen MTBS ($p = 0.036$). Die SOD-Aktivität zeigte eine Tendenz für eine Assoziation für die Summe der Feldstärke aller MTBS im Umkreis von 10 km ($p = 0.057$).



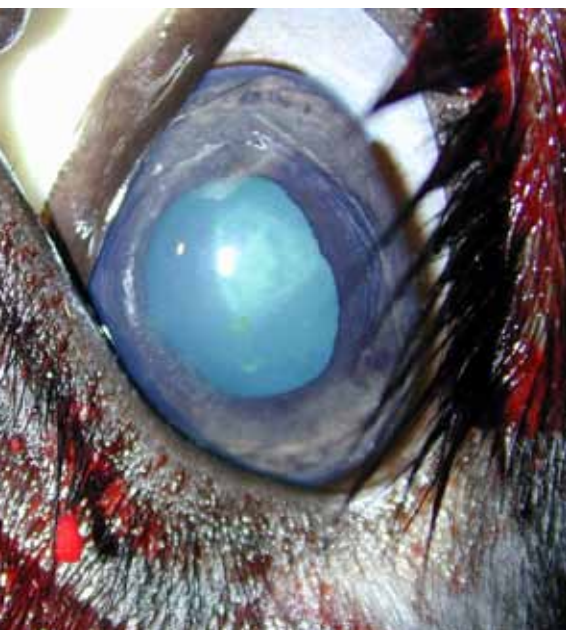
▲ **Abb. 1:** Sendestationen in unmittelbarer Nähe von landwirtschaftlichen Betrieben können problematisch in Bezug auf die Tiergesundheit sein.

Diese Studie stellt Assoziationen fest, welche einen Einfluss von MTBS auf den Redox-Status des Augenkammerwassers in Kälber festhält. Dies könnte oxidativem Stress zugeordnet werden.

Einleitung

Oxidativer Stress soll bei vielen Krankheiten eine wichtige Rolle spielen. Körpergewebe und Organe haben gut durchdachte Systeme gegen die Oxidation. Wenn diese Systeme wegen eines Überangebots an freien Radikalen überfordert werden, kann dies zu Schäden führen. Die Schäden durch reaktive Sauerstoffspezies bestehen aus Proteinmodifikation, Lipidperoxidation und DNS-Fragmentierung (JUD, 2008; Abb. 1). Freie Radikale und molekularer Sauerstoff können eine Oxydation verursachen. Molekularer Sauerstoff wird von Mitochondrien, durch Stoff-

wechselprozesse und durch Lichtabsorption erzeugt. Durch die Aufrechterhaltung einer reduktiven Umgebung im Zytoplasma versucht die Linse eine Oxidation zu vermeiden. Als avaskuläre Struktur erfordert die Linse ein empfindliches Gleichgewicht zwischen Ernährung und antioxidativem Schutz durch das Kammerwasser. Das Auge stellt eine klar definierte Struktur dar und ist leicht zugänglich. Daher ist das Auge als Organ für diese Studie ausgewählt worden. Die Kationen der Linse sind Kalium und Natrium (JUD, 2008). Kalium hat eine hohe intrazelluläre Konzentration, wo es für verschiedene Enzymreaktionen verantwortlich ist. Natrium dagegen wird aus der Zelle ausgeschleust. Die Natrium-Konzentration sinkt in Richtung des Linsen-Kernes. Natrium und Kalium gelangen kontinuierlich von der hinteren Ober-



▲ Abb. 2: Nukleäres Katarakt bei einem Kalb



▲ Abb. 3: Blindes Kalb

Bild: M. Hässig

fläche in die Linse. Dies wird durch einen ATP-abhängigen aktiven Transportmechanismus mittels Glykolyse erleichtert (JUD, 2008). Die anaerobe Glykolyse, welche 80 % der Energie in der avaskulären Struktur der Linse anbietet, führt zu Laktat als Endprodukt. Die Laktat-Akkumulation ist der Grund, warum das intrazelluläre pH-Niveau von peripher zu zentral in der Linse abnimmt (JUD, 2008). Die Entfernung von Wasser ist wichtig für die Aufrechterhaltung der Transparenz der Linse. Dem Wasser folgt Natrium. Ein neues Konzept beschreibt eine separate metabolische Wasserpumpe, welche in der Linse existieren soll. Ein Ausfall der Wasser- oder Natrium-Entfernung führt zu Katarakt-Bildung (Abb. 2 u. 3). Das Auge kann ionisierender und nichtionisierender Strahlung ausgesetzt werden (HÄSSIG et al., 2012). Schwere nukleare Katarakte wurden bei Kälbern gefunden, die während des ersten Trimesters der Trächtigkeit der Installation einer Handy-Antenne ausgesetzt waren (HÄSSIG et al., 2009). Da elektromagnetische Emission zu Änderungen von Redoxreaktionen (JUD, 2008) führen kann, wurden die Aktivitäten ausgewählter schützender Antioxidantien im Augenkammerwas-

ser von Mastkälbern gemessen und in Relation zur Feldstärke und Entfernung der nächsten MTBS, sowie die gesamte Feldstärke aller MTBS in einem Umkreis von 10 km bei der letzten Aufstallung vor dem Transport zur Schlachtung, untersucht.

Material und Methoden

Eine zufällige Probenentnahme bei 253 Kälbern in verschiedenen Schlachthöfen in der Schweiz unmittelbar nach der Schlachtung wurde durchgeführt. Die Kälber waren 83 bis 370 Tage alt (Mittel 146 Tage). Die 253 Kälber stammten von 229 verschiedenen Kälbermastbetrieben. Die höchste Anzahl von einem Betrieb waren 4 Kälber. Die Proben wurden durch die relative Häufigkeit von Kälbern in jedem Schweizer Kanton geschichtet. Daher waren alle Schweizer Regionen vertreten. Die Kälber wurden willkürlich ausgewählt, wenn aus dem Schlachtprozess die Entsorgung des Kopfes anstand. Die Einschlusskriterien waren ein akzeptabler Gesundheitszustand für die Fleischverarbeitung und eine Ohrmarke zur genauen Identifizierung des Kalbes. Die Proben wurden innerhalb von 15 Minuten nach dem Betäuben durch

Bolzenschuss entnommen und bei -18 °C sofort bis zur Analyse eingefroren und gelagert. Die einmalige Analyse wurde innerhalb von 3 Monaten nach dem Sammeln der Proben durchgeführt. Alle Kälber wurden auf BVD-Virus, Neospora caninum und Toxoplasma gondii (JUD, 2008) getestet. Zum Anti-Neospora caninum Antikörper-Nachweis in bovinem Augenkammerwasser wurde ein somatischer Antigen-ELISA, PCR oder ein Immunoblot verwendet (JUD, 2008). Hautbiopate wurden aus der Wangenregion mit einem 6 mm Ø-Biopsie-Punch bei Prüfung des Kalbes im Schlachthof für BVD-Erkennung entnommen. Die Aqueocentesis wurde limbal durchgeführt. Die Enzymaktivitäten der ausgewählten protektiven Antioxidantien (SOD, Katalase, GSH) wurden im Augenkammerwasser beurteilt. SOD-Aktivität wurde durch den Assay Kit-WST (Fluka ®) bewertet. Die GSH-Aktivitäten wurden mit Cobas Mira S und dem „Gluathione Peroxidase cellular“ Aktivitäts-Assay-Kit von Sigma ® (JUD, 2008) bestimmt. Die Katalase-Aktivität wurde mittels dem Assay-Kit von Calbiochem® (JUD, 2008) bewertet. Die Ohrmarke gab Auskunft über den Ursprung und

Bild: M. Hässig



abhängige Variable	forsierte unabhängige Variable	p-Wert	Alter p-Wert	BVD Virus p-Wert	Geschlecht p-Wert
ln(GSH)	forsierte unabhängige Variable	0,072	nim	nim	nim
ln(GSH)	ln(Distanz zur nächsten ¹ MTBS)	0,120	nim	0,682	0,587
ln(GSH)	ln(Feldstärke der nächsten MTBS)	0,094	nim	0,714	0,468
SOD	ln(Feldstärke aller ² MTBS)	0,239	nim	0,287	0,301
SOD	ln(Distanz zur nächsten ¹ MTBS)	0,036	nim	0,262	0,203
SOD	ln(Feldstärke der nächsten MTBS)	0,057	nim	0,297	0,148
ln(Katalase)	ln(Feldstärke aller ² MTBS)	0,342	0,125	nim	nim
ln(Katalase)	ln(Distanz zur nächsten ¹ MTBS)	0,042	0,073	nim	nim
ln(Katalase)	ln(Feldstärke der nächsten MTBS)	0,042	0,066	nim	nim

nim: nicht im Modell
 1: nächste MTBS innerhalb eines Radius von 2 km
 2: alle MTBS innerhalb eines Radius von 10 km

▲ **Tab. 1:** Finales Modell der generalisierten linearen Modellierung (GLM) für GSH, SOD und Katalase in Mastkälbern in Abhängigkeit von Mobiltelefon Basisstationen (MTBS)

die Herkunft des Kalbes und wurde den Schweizer geographischen Koordinaten im Mercator-System angepasst. Der Stammbaum der Kälber wurde auch mit der Ohrmarkennummer (TVD; Tierverkehrsdatenbank) (JUD, 2008) ermittelt. Die Beziehung zwischen der geographischen Lage der Betriebe ($n = 362$), in denen die Kühe und Kälber untergebracht waren und die Feldstärke sowie die Entfernung zu den MTBS im Umkreis von 10 km ($n = 608.141$ Antennen GSM oder UMTS, an 10.716 Standorten), wurden ermittelt. Das Schweizerische Bundesamt für Kommunikation (BAKOM) stellte die Informationen zur Lage von MTBS und ihrer jeweiligen Strahlungsfrequenz (GSM und UMTS), sowie Feldstärke (V/m) bereit. Für die Berechnung der gesamten Feldstärke wurden alle GSM und UMTS MTBS im Umkreis von < 10 km zur aktuellen Position des Tieres unmittelbar vor der Schlachtung berücksichtigt. Da es erhebliche tägliche Schwankungen in der Stärke der MTBS gibt, wurden nur die Daten des 15. Januar 2006 verwendet. Dieser Tag liegt inmitten der Probeentnah-

meperiode und zeigte keine extremen Werte betreffend MTBS in Leistungsstärke und Anzahl der Verbindungen. Die Daten wurden analysiert (STATA 11, StataCorp, 4905 Lakeway Drive, College Station, Texas 77845 USA) mit Hilfe von allgemeinen linearen Modellen: `<glm {dependent variable} {independent variable(s)}, family(gaussian) link(identity) eform; Optimization: ML; Variance function: $V(u) = 1$; Link function: $g(u) = u$ >`. Ein „step back“-Verfahren (schrittweise Rückwärtselimination bis nur noch signifikante unabhängige Variable die abhängige Variable erklären) wurde durchgeführt. Das vollständige Modell bestand aus den Variablen Alter, Bovine Virus Diarrhoe Virenerkennung, Rasse (Mischling, Verschiedene, Brown Swiss, Red Holstein, Holstein) und Geschlecht (männlich, weiblich). Die unabhängigen Variablen, die Entfernung zum nächstgelegenen MTBS, Feldstärke der nächstgelegenen MTBS und die Feldstärke aller MTBS im Umkreis von 10 km, wurden in den Modellen berücksichtigt. Die Verteilung der Daten wurde mittels W Shapiro-Wilk



▲ **Abb. 4:** Kalb mit gestörtem Allgemeinbefinden

Test auf Normalverteilung analysiert. Die beste Transformation wurde durch die Analyse von STATA `<ladder Var>` erreicht. Wenn es notwendig war wurde eine (ln)-Transformation durchgeführt. Nur Ergebnisse mit $p \leq 0.05$ und einem Power von > 0.8 wurden als signifikant betrachtet. P-Werte zwischen 0.05 und 0.2 wurden als Tendenz gewertet.

Ergebnisse

Die maximale theoretische Feldstärke der nächsten MTBS mit angenommener omnidirektionaler Strahlung ohne topographische Korrektur war > 1 V/m (40 Standorte), 0,50-0,99 V/m (121 Standorte), 0,10-0,49 V/m (190 Standorten) und < 0.1 V/m (11 Standorte). Vier von 253 Kälbern hatten eine theoretische Exposition von mehr als 1 V/m von der nächstgelegenen MTBS, 2 zwischen 0,50 und 0,99V/m und 3 unter 0,50 v/M. BVD-Virus, Neospora caninum und Toxoplasma gondii-Infektion als mögliche Ursache, konnten ausgeschlossen werden und es gab in keinem Modell eine Beziehung mit der Rasse und Verwandtschaft der Tiere (Tab. 1). Hingegen gab es einen statistisch gesicherten Zusammenhang zwischen oxidativem Stress, in Funktion der SOD-Aktivität und der Entfernung zu den nächstgelegenen MTBS, der ln(Feldstärke) von der nächstgelegenen MTBS, sowie der ln(Katalase) und



der $\ln(\text{Feldstärke})$ aller MTBS im Umkreis von 10 km (Tab. 1). Die gemessenen Aktivitäten der jeweiligen Enzyme sind in Tabelle 2 angegeben. Keine Korrelation wurde bei 253 Kälbern ($p > 0.05$) zwischen GSH, $\ln(\text{GSH})$, SOD, $\ln(\text{SOD})$, $\log(\text{SOD})$ und Katalase mit dem Alter der Kälber bei der Schlachtung festgestellt. Oxidativer Stress war deutlich erhöht in Folge einer Abnahme der GSH-Aktivität (OR pro Kilometer: 0.80, 95 % Konfidenzintervall 0.62, 0.93).

Diskussion

Gemäß unserer Erfahrungen ist dies der erste Versuch, den Einfluss nichtionisierender elektromagnetischer Felder von MTBS auf den oxidativen Stress in Kälber unter Feldbedingung zu messen. Sollten Basisstationen oxidativen Stress in Kälbern und anderen Tieren verursachen, welcher im Augenkammerwasser der Kälber gemessen werden kann, dann kann diese Studie dazu beitragen, eine Erklärung für eine geringere Leistung bei diesen Tieren und den damit verbundenen finanziellen Verlusten der Landwirte zu liefern. Dies ist für den Landwirt als auch für die Tiermedizin ein wichtiges Thema. Verschiedene Bias, also systematische Fehler, wie z. B. topographische Störungen oder andere Mobiltelefon-Frequenzen, können nicht ausgeschlossen werden. Ein Auswahl-Bias konnte ausgeschlossen werden, da die 253 Kälber von 229 Milchviehbetrieben stammten und nicht mehr als 4 Kälber vom gleichen Betrieb kamen. Ein Bias der Expositionsdauer konnte ausgeschlossen werden, da das Alter des Kalbes keinen Einfluss auf die Aktivität der gemessenen Enzyme hatte. Da es in letzter Zeit eine Zunahme von MTBS auf der ganzen Welt gegeben hat, ist es überraschend, dass es keine Hinweise für vermehrte Krankheiten bei Kälbern im Zusammenhang mit oxidativem Stress gibt. Oxidativer Stress kann nach unseren

Erkenntnissen mit der Exposition gegenüber nichtionisierender elektromagnetischer Felder zusammenhängen. Das Augenkammerwasser ist ein gutes (Medium um Stress durch MTBS zu prüfen, da der Metabolismus etwas reduziert ist gegenüber anderen Geweben und somit langfristige Expositionen gut gemessen werden können. Zudem ist das Auge gut erreichbar. Es wurden vermehrt Katarakte bei bovinen Feten festgestellt, welche einer erhöhten Exposition an nichtionisierender Strahlung von MTBS im ersten Trimester der Trächtigkeit ausgesetzt waren (HÄSSIG et al., 2009). Bei dieser Exposition kann es sich nicht um eine direkte Exposition des Feten handeln, da der Fetus durch mindestens 20 cm von Gewebe, wie Fett, Muskeln und Knochen geschützt ist. In diesem Fall würde die Kuh Symptome einer schweren Strahlungsexposition mit Verbrennungen zeigen. Deshalb muss ein anderer Pathomechanismus postuliert werden. Ähnlich zur Vitamin D Aktivierung in der Haut könnten oxidative Proteine durch den Einfluss nicht ionisierender Strahlung reduziert werden und dann im ganzen Körper verteilt werden. Bei leistungsschwacher Strahlung können Resonanzfrequenzen für bestimmte Proteine an Bedeutung gewinnen. Frequenz, Modulation und Pulsation könnten eine Alteration bei Redox-Proteinen induzieren. Unter 100 Meter Distanz zwischen Kalb und MTBS nehmen die gemessenen Parameter der Antenne nicht linear ab, sondern ondulieren in Abhängigkeit der Frequenz. Danach nehmen sie ohne topographische Beeinflussung in einer mathematischen Funktion stetig ab. Die Topographie der Region und potenzielle Hindernisse wie Berge und Gebäude wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt. Auch war keine Information verfügbar, wo die Kälber untergebracht waren. Im Gegensatz zu Menschen werden die Kälber in engen räumlichen Grenzen gehalten und die

Enzym	Mittelwert	Standard Fehler
GSH ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{ml} = \text{Units}/\text{ml}$)	28,260	2,688
SOD (Units/ml)	53,765	1,742
Katalase ($\text{nmol}/\text{min}/\text{ml} = \text{Units}/\text{ml}$)	10,661	0,595

▲ Tab. 2: Enzymatische Aktivität im Augenkammerwasser von Kälbern

Exposition kann auf physikalische Parameter wie die Distanz Kalb - MTBS reduziert werden. Andere potenzielle Umwelteinflüsse wie Stromleitungen, Nähe zur Autobahn oder Industrieanlagen, Luftqualität, andere elektromagnetische Emissionen, sowie saisonale Effekte, wie UV-Licht oder Ozon, können nicht ausgeschlossen werden. Keine Kontrollmessung für die Feldstärke der einzelnen MTBS wurde durchgeführt, da die Leistung der einzelnen Antenne in engen Grenzen täglich variieren.

Wie es zu erwarten war, sind die elektrischen Feldstärken aller MTBS unterhalb der gegenwärtigen gesetzlichen Grenzwerte (z.B. ICNIRP-Richtlinien) und alle Enzymaktivitäten lagen im (normalen) Bereich der Arbeitswerte (Tab. 2).

Es wurde angenommen, dass die Variation der Exposition bei allen Kälbern über die Zeit stabil ist. In weiteren Studien sollte die genaue Exposition gemessen werden. Eine statistisch signifikante Verringerung der Aktivität der Glutathion-Peroxidase im Augenkammerwasser in Relation mit dem Abstand und Strahlungsintensität der MTBS erlaubt die Folgerung, dass Kälberaugen unter oxidativem Stress bei Aktivität einer MTBS stehen. Ein Grund für oxidativen Stress könnte auch Selenmangel und daher ein Mangel an Glutathion-Peroxidase sein. Diese Frage kann nicht beantwortet werden, da die Selen-Messungen durch eine hemmende Substanz im



Augenkammerwasser behindert wurde. Die Messung von Vitamin E und Selen wurde daher nicht durchgeführt. Es ist nicht klar, ob die Ergebnisse des Redox-Status durch die Messung von Antioxidantien, Kausalität oder Effekt sind (JUD, 2008, Abb. 4).

Liste der Abkürzungen

AEC: Amino-Ethyl-Carbazole; BVD: Bovine Virus Diarrhöe; GSH: Glutathion Peroxidase; GSM: Global System for Mobile Communications; ICNIRP: International Commission

on Non-Ionizing Radiation Protection; MTBS: Mobiltelefon Basisstation; OR: Odds Ratio; SOD: Superoxid Dismutase; UMTS: Universal Mobile Telecommunications System. ■

Anschrift des Verfassers

PROF. DR. MICHAEL HÄSSIG

Abteilung Ambulanz und Bestandesmedizin
Department für Nutztiere
Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich
Winterthurerstrasse 260,
CH-8057 Zürich, Schweiz
E-Mail: mhaessig@vetclinics.uzh.ch

Literatur

HÄSSIG, M., JUD, F., NÄGELI, H., KUPPER, J., SPIESS, B.M. (2009): Prevalence of nuclear cataract in Swiss veal calves and its possible association with mobile Telephone antenna base stations. Schweiz. Arch. Tierheilk. **150**, 471-478.

HÄSSIG, M., JUD, F., SPIESS, B. (2012): Vermehrtes Auftreten von nukleärem Katarakt beim Kalb nach Erstellung einer Handybasisstation. Schweiz. Arch. Tierheilk. **154**, 82-86.

JUD, F. (2008): Katarakt bei Schlachtkälbern. Diss. Vet. Med., Universität Zürich.

XXVII. Weltrinderkongress (WBC)

RÜCKBLICK

Lissabon, 3. – 8. Juni 2012

2286 Rinderspezialisten aus 66 Ländern besuchten den perfekt organisierten XXVII. WBC in Lissabon: 1991 Tierärzte, 170 eingeladene Gäste, 94 Studenten und 31 Kollegen mit Tagesticket genossen 32 Sessions mit Grundsatzreferaten, 289 Präsentationen und 794 Postern. Neben 6 Workshops und 3 Symposien wurden zum ersten Mal auch vier Round Table Diskussionen organisiert.

Folgende Tagungsunterlagen stehen Interessierten zur Verfügung:

1. Keynote Lectures and Round Table Proceedings;
2. Oral Communications and Posters Abstract Book;
3. Eine CD beinhaltet beide Dokumente (1. und 2.).

Diese Tagungsberichte können bei Herrn Dr. José Luis Feio, e-mail: luis-feio.apb@gmail.com bestellt werden.

Für die Periode von 2012-2016 hat die Generalversammlung der WAB Herrn W. Baumgartner (Österreich) wieder zum Präsidenten, die Herren B. Rheinberger (Australien) und L. Poo (Chile) zum Vize-Präsidenten sowie Herrn O. Szenci (Ungarn) zum Generalsekretär gewählt.

Wer diesmal nicht dabei sein konnte, hat die nächste Chance zum Besuch eines buiatrischen Großereignisses dieser Art im Jahr 2014: Der 28. Weltrinderkongress findet vom 27 Juli bis 1. August 2014 in Cairns, Australien, statt. Weitere Infos zu dieser Veranstaltung finden Sie bereits jetzt auf der offiziellen Website unter www.wbc2014.com.

